



# Подключение RF входа приемника

Дата обновления: 17.05.12

Данный материал содержит информацию о продукции NAVIA и направлен на предотвращение наиболее часто встречающихся ошибок при проектировании RF тракта устройства. NAVIA не несет никакой ответственности за любые претензии или убытки, возникающие при использовании данных материалов. Все приведенные величины и характеристики имеют оценочный характер. NAVIA не дает гарантии работоспособности изделия пользователя, ориентирующегося только на приведенные в документе значения. Для получения конкретных характеристик применяемых компонентов должна применяться техническая документация фирм-производителей.

При цитировании материалов ссылка на сайт NAVIA® обязательна.

Из-за меняющихся внешних условий (география, ландшафт, метеорологические условия, электромагнитная обстановка) сигналы спутников могут быть ослаблены. Для более устойчивой работоспособности системы стоит уделить должное внимание выбору антенны и проектированию RF тракта приемника.

Основная задача RF тракта – обеспечить максимальное соотношение СИГНАЛ/ШУМ на входе приемника.

Для этого необходимо корректно выбрать антенну, согласовать ее с входом приемника и принять меры для обеспечения помехоустойчивости. Все эти мероприятия зачастую связаны с конструктивными особенностями прибора.

Создание любого нового устройства обычно требует поиска компромисса среди ряда параметров, а стабильная работоспособность является главным критерием в оценке качества конечного продукта.

## Выбор антенны

Приемник можно использовать как с активной, так и с пассивной антенной.

Параметры, на которые необходимо обратить внимание при выборе ГЛОНАСС/GPS антенны:

### 1. Поляризация

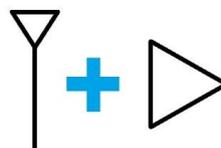
Приемная ГЛОНАСС/GPS антенна должна иметь правостороннюю круговую поляризацию (RHCP – англ.).

Сигналы, передаваемые ГЛОНАСС/GPS спутниками, имеют правостороннюю круговую поляризацию. Круговая поляризация используется повсеместно для сигналов, передаваемых с космических аппаратов, с целью устранения проблемы затухания, связанной с Фарадеевым вращением плоскости поляризации из-за магнитного поля Земли. Кроме того, при отражении сигнала поляризация с правосторонней меняется на левостороннюю, что позволяет эффективней бороться с фильтрацией отраженных сигналов.

### 2. Коэффициент усиления

Чем больше коэффициент усиления (далее КУ) антенны, тем лучше чувствительность приемника. Однако следует помнить о том, что КУ активной антенны складывается из 2-х факторов:

- а) КУ антенны (пассивного элемента)
- б) КУ малошумящего усилителя (далее МШУ).



Сравним 2 антенны со следующими характеристиками (табл. 1). Предположим, что полосы пропускания антенн и коэффициенты шума МШУ равны в обоих случаях.

КУ ант	КУ мшу	КУ общ	Сигнал/Шум
5 dBic	16 dB	21 dB	-14 dB
0 dBic	21 dB	21 dB	-15 dB

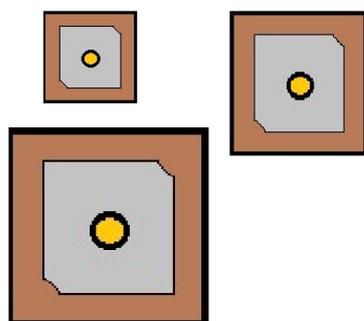
Таблица 1

Обе антенны имеют одинаковый суммарный КУ, но отношение сигнал/шум на выходе первой больше. Поскольку антенна является первым узлом каскада RF тракта, то ее КУ напрямую влияет на чувствительность приемника. Поэтому рекомендуется выбирать антенну, усиление пассивного элемента (непосредственно самой антенны) которой больше. Добросовестный производитель должен предоставлять эту информацию в технической документации.

**Стоит понимать, что нельзя компенсировать слабое усиление антенны усилением МШУ.**

МШУ в составе активной антенны служит для компенсации потерь в кабеле и для согласования выхода антенны с кабелем.

КУ пассивной керамической Patch антенны зависит от геометрических размеров керамического элемента (табл. 2) и от размера земляного полигона (рис. 1), на который он должен устанавливаться.



Размер КЭ (мм x мм)	Усиление (dBi)
25 x 25	5
18 x 18	2
15 x 15	1
12 x 12	0,5
10 x 10	-2

Таблица 2

В таблице 2 приведены значения геометрических размеров разных керамических Patch антенн и соответствующие значения их КУ\*.

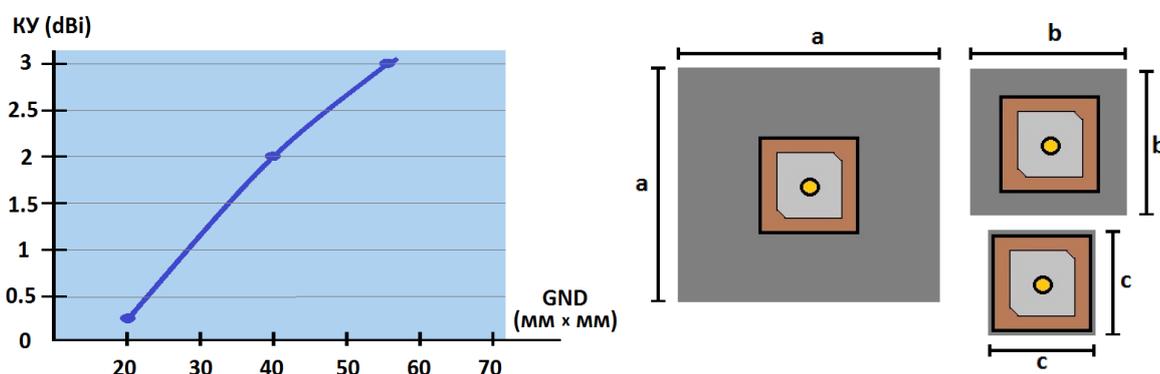


Рисунок 1

На рисунке 1 отображена зависимость КУ\* керамической Patch антенны от размера земляного полигона, на который она устанавливается.

Чем больше размер земляного полигона, тем больше КУ антенны. Однако слишком большой GND приводит к увеличению коэффициента эллиптичности в направлении главного максимума диаграммы направленности и его уменьшению в направлении горизонта (Axial Ratio). Уменьшение коэффициента эллиптичности антенны (рис. 2) в направлении горизонта может ухудшить прием сигналов спутников, находящихся близко к горизонту.

\* Данные значения не являются абсолютными величинами и отображают лишь качественный ход зависимостей.

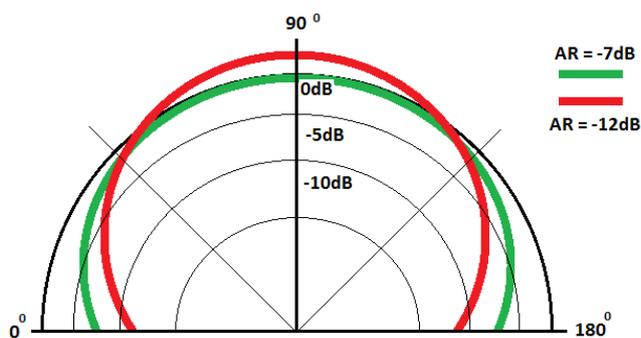


Рисунок 2

На рисунке 2 отображено увеличение коэффициента эллиптичности при увеличении земляного полигона керамической patch антенны.

**ВАЖНО! Керамическая Patch антенна должна устанавливаться на земляной полигон строго определенных размеров, рекомендуемых производителем. Не соблюдение этих рекомендаций приводит к значительному ухудшению характеристик антенны.**

### 3. Полоса пропускания

Для того чтобы приемник работал как с ГЛОНАСС, так и с GPS спутниками, необходимо, чтобы антенна была настроена на соответствующие частотные диапазоны.

Для оценки рабочей частоты антенны необходимо знать ее центральную частоту ( $F_c$ ), а также ширину полосы. В антенной технике рабочей принято считать полосу, для которой уровень обратных потерь (return loss) отраженного сигнала  $S_{11}$  находится ниже отметки в минус 10dB (рис. 3), что соответствует значению КСВ (SWR – англ.) антенны в заданной полосе не хуже чем 2.

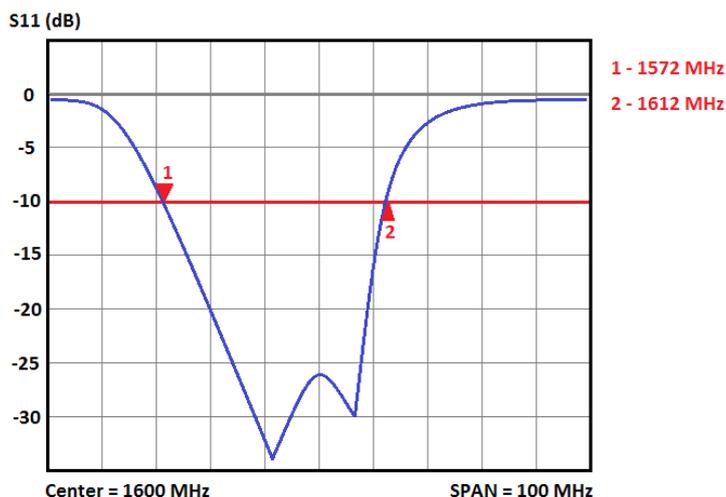


Рисунок 3

По данным графика, представленного на рисунке 3, можно сделать вывод, что рабочая полоса антенны лежит в диапазоне от 1572 МГц до 1612 МГц.

В технической документации антенны должны быть приведены характеристики в виде частотной зависимости параметра S11 (определенный вид представления KСВ), по которым можно оценить рабочую полосу антенны (рис. 3). Минимумы графика S11 соответствуют резонансным частотам антенны. В хорошо настроенных GPS/ГЛОНАСС антеннах эти минимумы должны соответствовать частотам 1575 MHz и 1602 MHz. Также желательно знать значения уровней подавления спектрально близких внеполосных сигналов (например, GSM). Чем подавление больше, тем лучше RF вход приемника защищён от помех.

Рабочая полоса керамической patch антенны зависит от многих факторов:

- размер самого керамического элемента
- размер земляного полигона
- наличие пластикового корпуса и др. элементов в непосредственной близости.

Рассмотрим влияние этих факторов более подробно.

Как уже было сказано выше, размер антенны влияет на ее усиление, однако рабочая полоса также зависит от этого параметра (табл. 3). Чем меньше керамический элемент, тем большая точность требуется для его изготовления и тем выше вероятность отклонения параметров, самым чувствительным из которых является рабочая полоса.

Размер антенны (мм x мм)	Рабочая полоса (MHz)
25 x 25	20
18 x 18	10
15 x 15	8
12 x 12	7
10 x 10	5

Таблица 3

В таблице 3 представлены значения размеров керамических элементов пассивных patch антенн и соответствующие им значения рабочей полосы (данные значения не являются абсолютными величинами для всех антенн, а отображают лишь качественный ход зависимости). Создание малогабаритной совмещенной GPS/ГЛОНАСС антенны – нетривиальная задача, решение которой под силу далеко не каждому производителю керамических антенн.

Следует помнить и про зависимость полосы от толщины диэлектрика антенны, обычно для достижения полосы 25...30 МГц требуется толщина антенны не менее 4...5 мм.

Существенное влияние на рабочую полосу антенны оказывает размер земляного полигона, на который она устанавливается. Настоятельно рекомендуется устанавливать антенну на земляной полигон, размеры которого заданы производителем, как те, при которых производились измерения. Отклонение от этих размеров приводит к смещению рабочей полосы антенны (рис. 4).

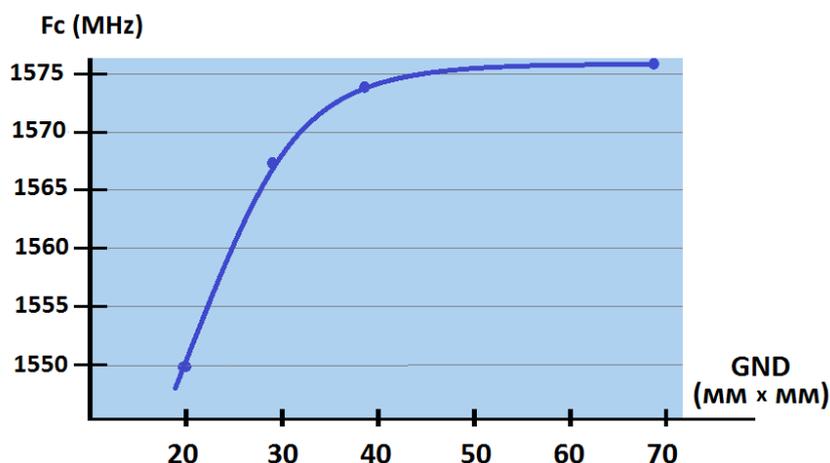


Рисунок 4

На рисунке 4 отображена качественная зависимость центральной частоты антенны от размера земляного полигона, на который она устанавливается.

Как правило, измерения рабочей полосы антенны производитель проводит в условиях, когда в ближней зоне нет посторонних предметов (free space). В готовых устройствах керамическая patch антенна обычно закрыта пластиковым корпусом (рис. 4), диэлектрическая постоянная которого отлична от воздуха. Это приводит к тому, что рабочая полоса антенны смещается на 5-10 МГц (иногда и больше) в зависимости от расстояния до корпуса и его материала. Обычно это смещение происходит в сторону более низких частот. Кроме корпуса на полосу антенны влияние оказывают и другие близко расположенные предметы конструкции. Значения смещения рабочей полосы из-за влияния внешних предметов можно получить при компьютерном моделировании электромагнитного поля, а также при проведении экспериментов. Чем меньше размер антенны, тем она более чувствительна к влиянию внешних предметов.

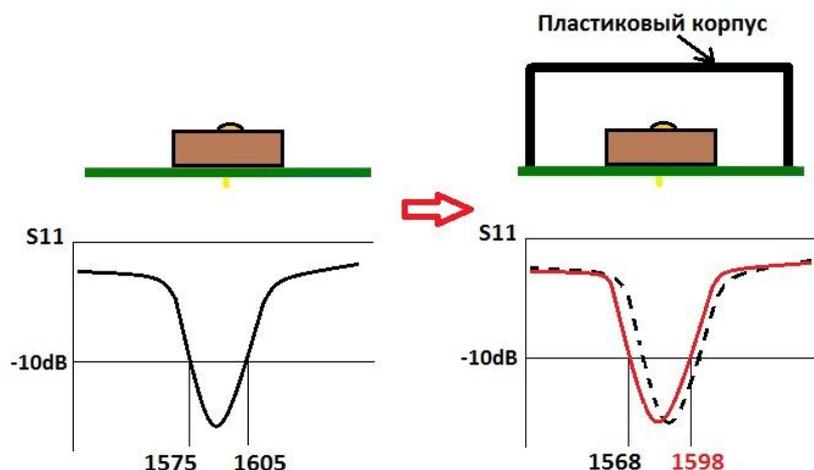


Рисунок 5

На рисунке 5 отображено смещение рабочей полосы антенны при наличии пластикового корпуса над антенной.

Для достаточно больших партий некоторые производители по запросу могут смоделировать и компенсировать этот эффект за счёт изначального сдвига рабочей полосы антенны. В ряде случаев имеет смысл воспользоваться такими услугами компании-производителя.

#### 4. Ориентация в пространстве

При разработке конструктива устройства следует учесть, что ориентация ГЛОНАСС/GPS антенны в пространстве (основное рабочее положение) должна направлять пик диаграммы направленности к зениту небосклона.

Диаграмма направленности плоских керамических антенн имеет полусферическую форму, поэтому рекомендуется устанавливать эти антенны в горизонтальном положении. В вертикальном положении основным источником является переотраженный сигнал, что значительно ухудшает точность определения координат и время решения навигационной задачи.

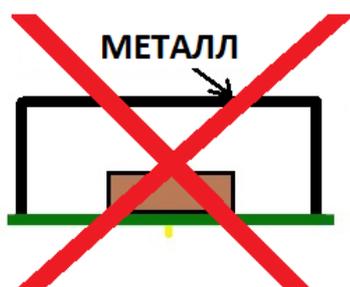


Рисунок 6

Наличие вблизи антенны (особенно в направлении основного лепестка диаграммы направленности) металлических предметов приведет к *значительному* ухудшению приема сигнала.

#### 5. Итого...

Чем больше КУ антенны (пассивного элемента), тем лучше и стабильнее прием сигнала.

Чем меньше антенна, тем меньше ее КУ.

Установка керамического элемента на неправильный земляной полигон приводит к отклонению характеристик антенны, заявленных производителем:

- уменьшение КУ антенны;
- изменение рабочей полосы;
- изменение диаграммы направленности;
- изменение импеданса.

Наличие внешних предметов также приводит к смещению полосы и уменьшению КУ.

В итоге совокупность вышеперечисленных факторов может привести к снижению чувствительности на 10-15 dB, иногда и больше. Для некоторых устройств эти цифры могут оказаться критичными.

## Подключение антенны

Следующим шагом после выбора антенны является ее правильное подключение. Основная задача – обеспечить передачу сигнала от антенны на вход приемника с наименьшими потерями.

### 1. Пассивные антенны

Рассмотрим случай подключения пассивной керамической patch антенны. Обычно такие антенны разработаны так, чтобы реальная часть волнового сопротивления на резонансной частоте была близка по значению к 50 Ом, а его мнимая часть равнялась 0 Ом (антенной является не только керамический элемент, но и земляной полигон, на который он устанавливается). Как уже было описано выше, при установке керамического элемента на несоответствующий полигон смещается центральная частота антенны, что в свою очередь приводит к изменению волнового сопротивления антенны на рабочей частоте.

Керамический элемент устанавливается непосредственно на земляной полигон, как показано на рисунке 7. А и В – рекомендованные производителем размеры.

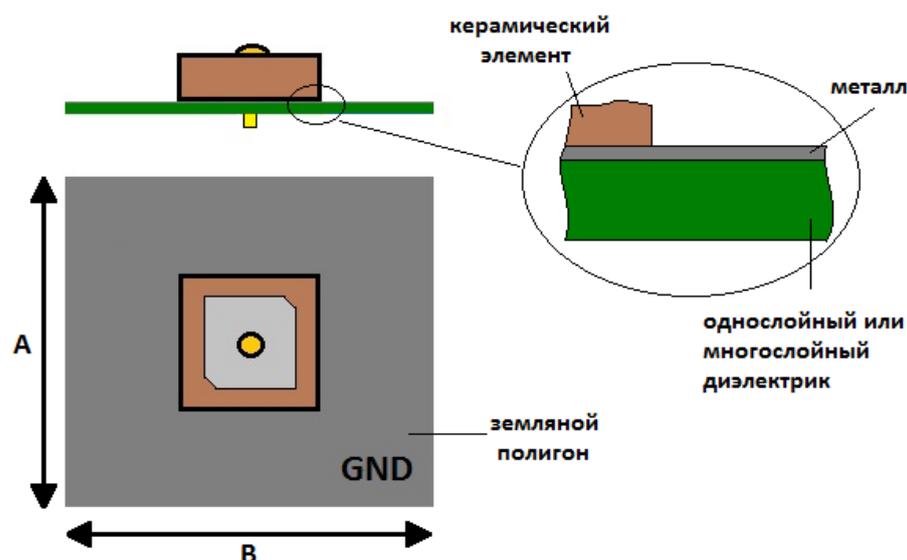


Рисунок 7

От антенны к приемнику сигнал можно передавать по копланарной (рекомендуется) или микрополосковой линии, а также по коаксиальному кабелю. В случае, если потери в линии больше 1 dB, рекомендуется использовать МШУ. МШУ подключается перед трактом, как можно ближе к выходу антенны, подключать МШУ перед входом приемника не имеет смысла (рис. 8). Вход МШУ должен быть согласован с выходом антенны, а выход с 50 Омным трактом. Для лучшей помехоустойчивости рекомендуется использовать МШУ со встроенным полосно-пропускающим фильтром рабочего диапазона.

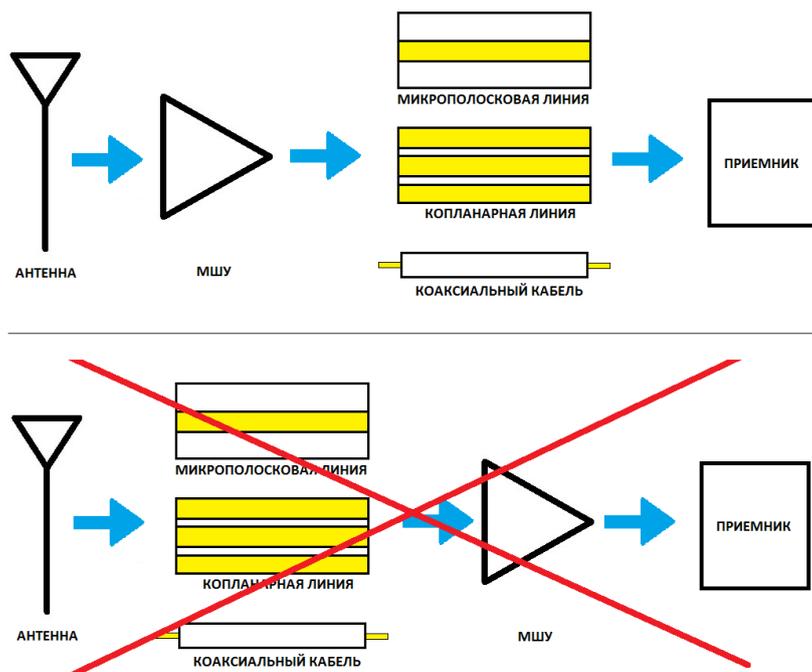


Рисунок 8

Оптимальным является подключение антенны к приемнику при помощи копланарной линии. Копланарная линия должна быть как можно короче и иметь волновое сопротивление  $Z = 50 \text{ Ом}$ . Волновое сопротивление линии зависит от ее геометрических размеров (рис. 9).

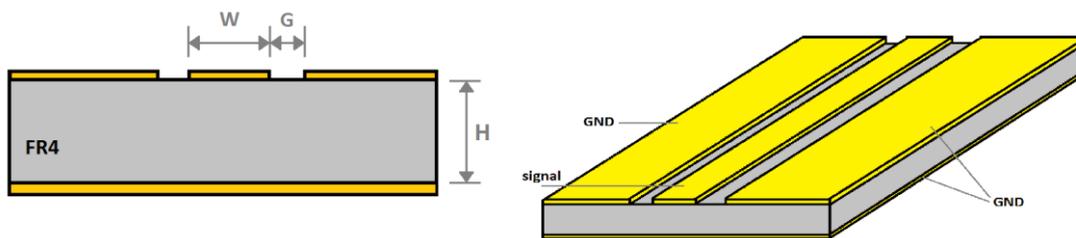


Рисунок 9

В таблице 4 представлены геометрические размеры копланарной линии, при которых ее волновое сопротивление  $Z = 50 \text{ Ом}$ . Значения приведены для диэлектрика FR4 с  $\epsilon_d = 4.4$ , толщина металлизации  $t = 35 \text{ мкм}$ , ширина зазора  $G = 0.25 \text{ мм}$ .

H (мм)	W (мм)
2	1,4
1,5	1,3
1	1,1
0,8	1
0,6	0,8
0,4	0,6
0,25	0,4

Таблица 4

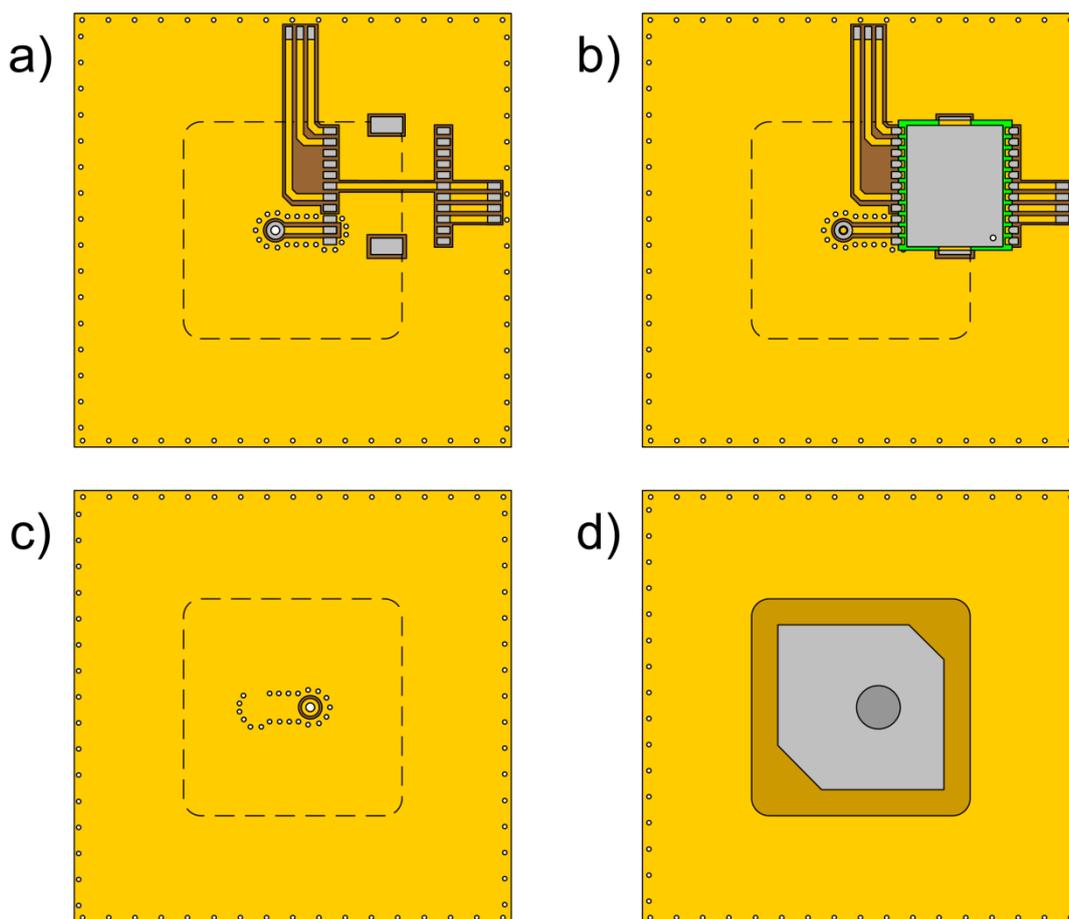


Рисунок 10

На рисунке 10 изображен один из возможных вариантов подключения пассивной антенны. Слой TOP (рис. 10c) является земляным полигоном, на который устанавливается керамический элемент антенны (рис. 10d). В слое BOTTOM (рисунки 10a, b) изображена копланарная линия, обеспечивающая передачу сигнала от антенны к RF входу приемника. Подключение остальных контактов приемника изображено схематично. Керамический элемент на земляном полигоне располагается симметрично, если производителем не указано иное.

Если подключаемая антенна является короткозамкнутой (некоторые виды спиральных, полосковых и др. антенн) или имеет малое сопротивление по постоянному току, то требуется использовать проходной конденсатор. Номинал конденсатора выбирается таким образом, чтобы его сопротивление на рабочей частоте равнялось  $1 \div 2$  Ом (при условии того, что волновое сопротивление тракта близко к 50 Ом). Некоторые производители антенн указывают, что приведенные характеристики получены при использовании внешней согласующей цепи из одного или нескольких элементов. В данном случае рекомендуется воспроизвести способ подключения антенны с идентичными элементами.

## 2. Активные антенны

В конструкцию большинства активных антенн включен кабель, имеющий разъем. Такие антенны можно легко подключить к приемнику, правильно установив ответную часть разъема вблизи входа приемника. Как и в случае с пассивными антеннами, тракт от ответной части разъема до входа приемника должен обладать волновым сопротивлением равным 50 Ом. Земляные контакты разъема должны быть соединены с земляными контактами приемника (RF GND). В данном случае копланарная линия также является оптимальным выбором.

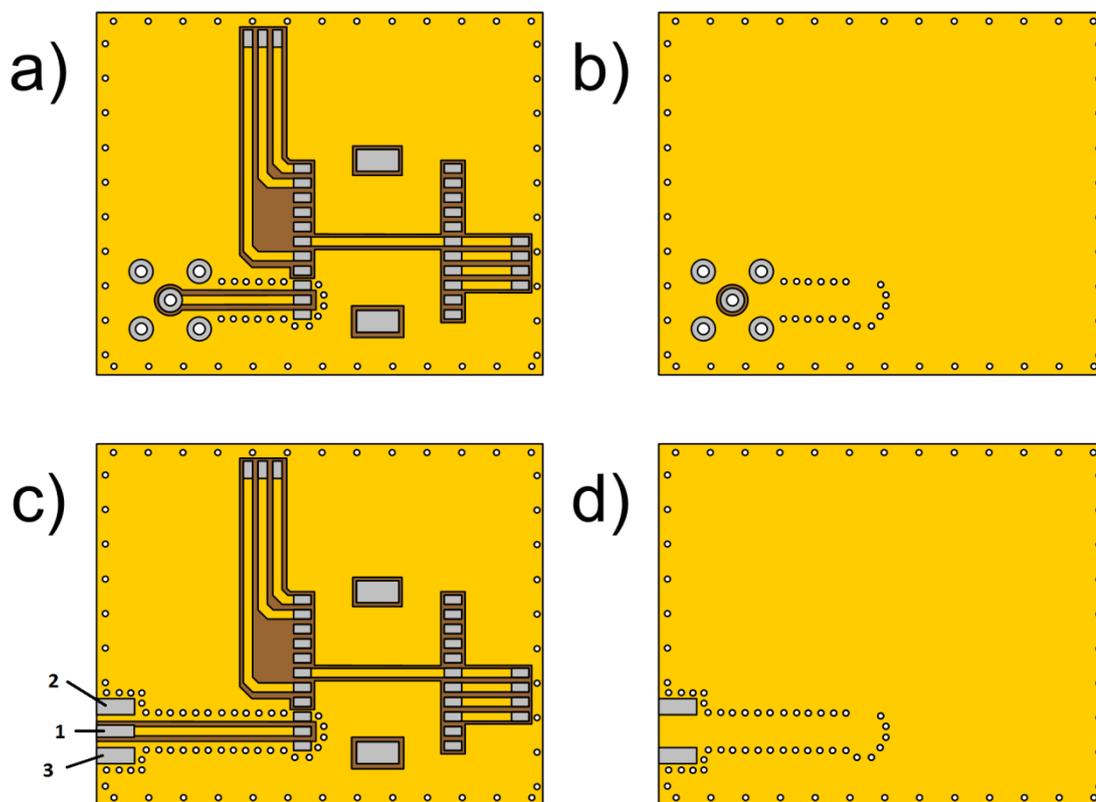


Рисунок 11

На рисунке 11 изображены несколько из возможных вариантов установки ответной части разъема. На рисунке 11a (слой TOP) и b (слой BOTTOM) изображена схематическая топология подключения разъема (монтируется перпендикулярно плоскости платы). На рисунке 11c (слой TOP) и d (слой BOTTOM) изображена схематическая топология подключения торцевого разъема (напр. SMA).

*Подключение остальных контактов приемника изображено схематично.*

Если на конце кабеля нет разъема, то для его монтажа можно использовать топологию, изображенную на рисунке 11c. Центральная жила коаксиала припаивается к центральному контакту 1 копланарной линии, а земляная оплетка коаксиала к земляным контактам 2 и 3.

### 3. Заключение

В целом разработка RF тракта для подключения модуля ГЛОНАСС/GPS не представляет особых сложностей при учете всех требований и ограничений, накладываемых необходимостью работы с высокочастотными слабыми сигналами. В основном требуется согласовать волновое сопротивление трактов передачи сигнала и исключить возникновение и/или проникновение помех в сигнальный тракт и приемник.

Подключение активной антенны обычно не вызывает у пользователей затруднений.

В то же время размещение и подключение пассивной антенны очень часто сопровождается рядом проблем, приводящих к значительному снижению характеристик изделия в целом, вплоть до полной неработоспособности. По этой причине выбору типа антенны, компоновке и ее размещению в приборе следует уделить должное внимание. Следует учесть, что недостатки качества приема в большинстве случаев невозможно компенсировать путем установки антенных усилителей.

В ряде случаев при разработке конструкции прибора приходится делать несколько итераций для оптимизации качества приема.